

# Perencanaan Energi Listrik Alternatif Tenaga Air Laut Dengan Menggunakan Magnesium Sebagai Anoda Untuk Penerangan Alternatif Pada Kapal Nelayan

Dwiki Novditya Bagaskara Utama, Indra Ranu Kusuma, Sardono Sarwito

Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia

e-mail: [dwiki12@mhs.ne.its.ac.id](mailto:dwiki12@mhs.ne.its.ac.id) , [ir.kusuma@its.ac.id](mailto:ir.kusuma@its.ac.id) , [sarsan@its.ac.id](mailto:sarsan@its.ac.id)

**Abstrak**—Nelayan sangat membutuhkan penerangan saat berlayar untuk mencari ikan pada malam hari. Energi listrik alternatif diperlukan untuk mengurangi kerja dari generator pada kapal nelayan. Salah satunya adalah dengan memanfaatkan air laut dengan bantuan menggunakan magnesium sebagai anoda sehingga bisa menciptakan suatu sumber listrik yang disebut elektrokimia. Sumber daya kimia biasanya mengadopsi logam aktif sebagai anoda untuk memberikan elektron. Metode pengujian yang digunakan adalah dengan memvariasikan katoda-katoda serta dengan memvariasikan volume air laut. Selain itu digunakan pula rangkaian listrik tunggal, seri dan pada penelitian. Untuk penggunaan katoda lebih efisien dengan menggunakan katoda carbon dimana memiliki nilai tegangan 1,92 V dan efisiensi sebesar 83,84 %. Sedangkan Untuk mengcover lighting di navigation deck selama 11 jam memerlukan sebanyak 69 blok cell yang dipararelkan, dimana setiap blok cell terdiri dari 13 cell yang diseriakan serta mengkonsumsi daya sebesar 3408,6 Wh. Dimensi prototype untuk yang direncanakan adalah sebesar 130 cm x 175 cm x 20 cm dan berat prototype ditambah air laut adalah 690,69 Kg.

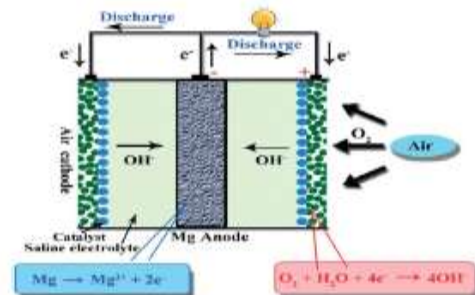
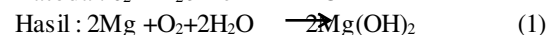
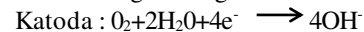
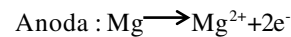
**Kata Kunci**— Anoda, Katoda, Listrik Alternatif, Magnesium, Nelayan

## I. PENDAHULUAN

ENERGI listrik alternatif sangat diperlukan sebagai penerangan alternatif pada kapal-kapal nelayan guna menekan pengeluaran nelayan salah satunya adalah dengan memanfaatkan air laut dengan menggunakan magnesium sebagai anoda. Magnesium merupakan logam yang bisa digunakan sebagai sumber daya kimia. Magnesium adalah unsur kimia dalam tabel periodik yang memiliki simbol Mg dan nomor atom 12 serta berat atom 24,31.[1] Sumber daya kimia biasanya mengadopsi logam aktif sebagai anoda untuk memberikan elektron. Selama proses discharge, anoda kehilangan elektron dan larut ke elektrolit dalam bentuk ion logam.[2] Sementara itu, elektron dikirim melalui sirkuit eksternal untuk menghasilkan energi. Dengan demikian, sumber daya tersebut dipengaruhi oleh anoda logam, yang

memainkan peran penting dalam menentukan tegangan sel. [4] Magnesium adalah logam yang sangat menjanjikan sebagai bahan anoda karena kinerja bawaan yang baik.

Sebenarnya, ada beberapa bahan logam yang bisa digunakan sebagai anoda yaitu Zn, Fe, Al, Mg. Dalam hal ini, dipilih magnesium sebab magnesium belum terlalu tereksplorasi ke khalayak umum.[3] Dimana memiliki reaksi kimia bila bereaksi dengan katoda dan larutan elektrolit adalah sebagai berikut:



Gambar 1 Reaksi kimia pada magnesium

## II. METODOLOGI PENELITIAN

### A. Studi Literatur

Sebelum memulai pengerjaan Tugas Akhir (TA) dilakukan *study literature* dengan mencari literature-literatur mengenai pembangkit listrik alternatif dengan memanfaatkan magnesium dimana berupa jurnal, paper, hasil penelitian, buku-buku baik versi cetak maupun versi *online*. Dimana pada tahap ini merumuskan segala sesuatu yang akan dilakukan pada Tugas Akhir ini sesuai dengan referensi-referensi yang dimiliki.

### B. Desain Awal Prototype Listrik Alternatif Untuk Uji Coba Awal

Tahap ini merupakan tahap pendesainan *prototype* dengan menggunakan software. Pendesainan dilakukan supaya alat memiliki bentuk awal sebagai bahan uji coba untuk mendapatkan data-data sesuai dengan yang akan diujikan. Prototype yang direncanakan adalah berbentuk box berukuran  $\text{px} \times \text{xt} = 15 \text{ cm} \times 15 \text{ cm} \times 15 \text{ cm}$  dan terbuat dari bahan akrilik.

### C. Pembuatan Prototype Pembangkit Listrik Alternatif

Setelah dilakukan pendesaianan menggunakan software, dilakukan pembuatan alat dengan bahan-bahan yang sudah ditentukan. Dimana wadah akan terbuat dari bahan akrilik dan setidaknya muat paling tidak untuk 2 liter air laut.

### D. Pengecekan Bahwa Alat Telah Terangkai Secara Tepat

Tahap ini merupakan pengecekan secara fisik dan visual pada alat yang dirancang baik dari segi pemasangan komponen ataupun pemasangan kabel-kabel pada alat.

### E. Pemasangan Peralatan dan Pengisian Air Laut

Pada tahap ini dilakukan pemasangan peralatan-peralatan seperti kabel, anoda dan katoda serta avometer. Sedangkan untuk air laut yang diletakkan pertama kali adalah sebanyak 500 ml. Setelah ini mulai ditambah dengan range 500 ml.

### F. Pengecekan terhadap adanya listrik atau tidak

Secara teori setelah anoda dan katoda diletakkan, maka akan timbul energy listrik yang disebut sel volta akibat reaksi elektrokimia. Pada tahap ini merupakan tahap pengujian alat dengan cara mengetes awal dengan menggunakan avometer. Jika saat diuji terdapat listrik, maka dapat dikatakan alat siap diuji, namun jika tidak maka perlu dilakukan lagi pengecekan alat

### G. Percobaan

Pada tahap ini adalah melakukan percobaan terhadap alat yang dibuat. Variable yang diberikan adalah

#### Variable Kontrol

Variable yang dibuat sama pada penelitian dimana pada percobaan ini adalah dimensi magnesium, dan dimensi wadah.

#### Variabel bebas

Variabel yang divariasikan adalah volume air laut yang digunakan sebagai elektrolit sel-Volta serta jumlah lilitan, dan ketebalan lilitan pada tembaga sebagai katoda

#### Variabel Terikat

Variabel terikat merupakan variable yang tergantung pada variable bebas yaitu tegangan dan arus yang teramati pada multimeter

### H. Pengambilan data

Melakukan pengambilan data dan pencatatan data yang merupakan hasil dari variable terikat, dimana akan dilakukan analisis dan penarikan kesimpulan mengenai alat ini.

### I. Analisa data

Melakukan analisa terhadap data yang didapat, dimana yang dianalisa seperti pengaruh volume air laut, pengaruh jenis-jenis katoda, dan lama waktu bisa menyala.

### J. Perencanaan Alat Untuk Pengaplikasian

Tahap ini merupakan tahap pendesaian akhir, dimana setelah diketahui karakteristik dari alat dilakukan pendesaian baik dimensi maupun fungsi kerja alat yang sesuai untuk kebutuhan. Serta dilakukan pembuatan alat sesuai dengan hasil pendesaianan.

### K. Penarikan Kesimpulan

Pada tahap akhir adalah dilakukan penarikan kesimpulan. Dalam tahap ini akan mengetahui bagaimana dari hasil alat yang direncanakan apakah sudah sesuai target atau tidak.

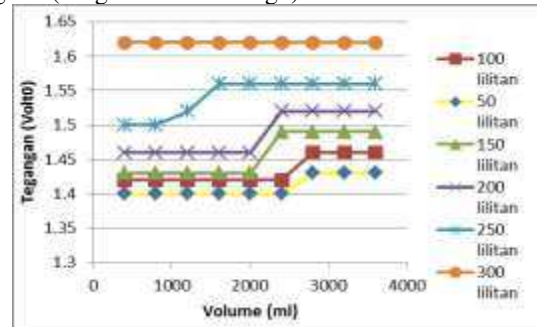
### L. Pembuatan Laporan

Setelah proses Penelitian dilakukan pembuatan laporan, dimana laporan berisi tentang hasil analisis dari prototype yang diciptakan.

## III. PEMBAHASAN DAN ANALISA

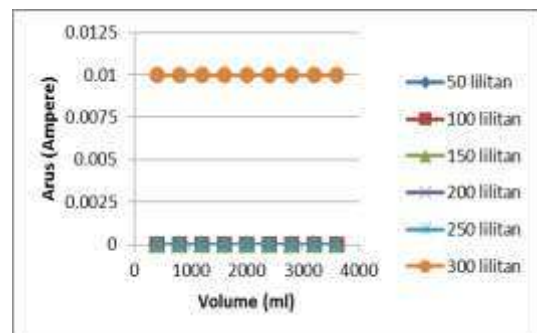
### A. Hasil Variasi Anoda

- Mg-Cu (Magnesium-Tembaga)



Gambar 2 Hubungan antara tegangan dan arus pada jumlah lilitan yang berbeda

Berdasarkan gambar 2 menunjukkan pengaruh volume air laut terhadap tegangan tidak terlalu dapat dilihat, hal tersebut terbukti baik pada jumlah lilitan 50,100,150,200, dan 250 mengalami kenaikan pada titik penambahan volume 2000-3000 ml tidak sampai mengalami kenaikan tegangan sebesar 1 volt.



Gambar 3 Hubungan antara Arus dan volume air laut pada jumlah lilitan yang berbeda

Pada gambar 3 dapat diketahui bahwa volume air laut tidak berpengaruh terhadap besarnya arus. Namun besar arus dapat terbaca pada jumlah lilitan 300 lilitan, sedangkan lainnya tidak terbaca arusnya.

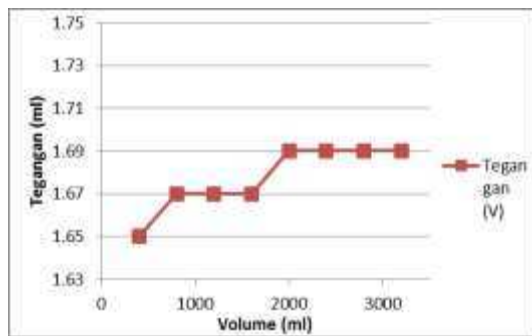
Berdasarkan hukum faraday 1 :

$$Q = I \times t, \text{ dan } Q = n F \quad (2)$$

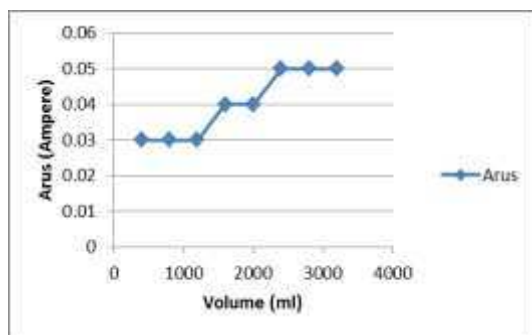
$$\text{Maka, } I \times t = n F, \quad I = n F / t$$

Dimana  $I$  = arus,  $t$  = waktu,  $n$  = jumlah mol elektron (mol),  $F$  = muatan listrik per 1 mol elektron (coulomb /mol).

Dalam hal ini semakin banyak mol yang bereaksi, maka akan membuat arus akan bertambah. Hal ini terbukti hanya dengan menggunakan katoda tembaga yang jumlah lilitannya lebih banyak

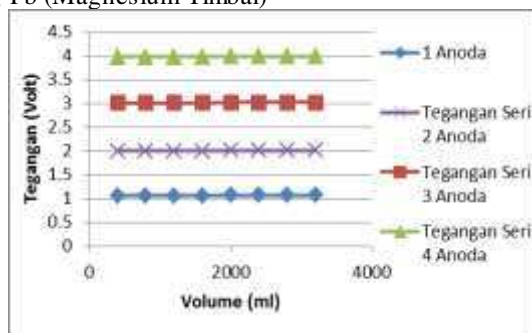
Gambar 4 Hubungan antara tegangan dan arus pada *copper rod* tunggal

Pada gambar 4 pengaruh volume air laut terhadap tegangan tidak terlalu berpengaruh. Hal tersebut terlihat dimana hanya terjadi kenaikan hanya sebesar 0,02 V. Pada saat ketinggian maksimum atau volume maksimum dari air laut hanya mampu menghasilkan sebesar 1,69 V.

Gambar 5 Hubungan antara tegangan dan arus pada *copper rod* tunggal

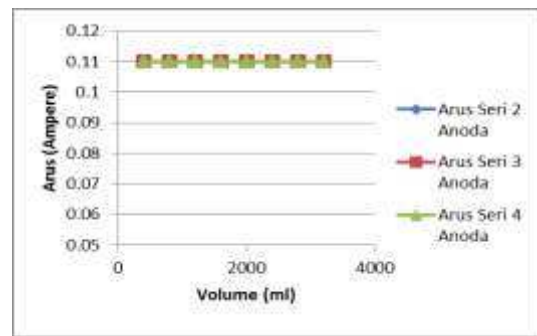
Pada gambar 5 dapat diketahui bahwa pengaruh volume air laut berpengaruh terhadap besarnya nilai arus. Dimana terjadi kenaikan dua kali sebesar 0,01 A sampai pada akhirnya mencapai arus puncak yaitu sebesar 0,05 A.

- Mg-Pb (Magnesium-Timbal)



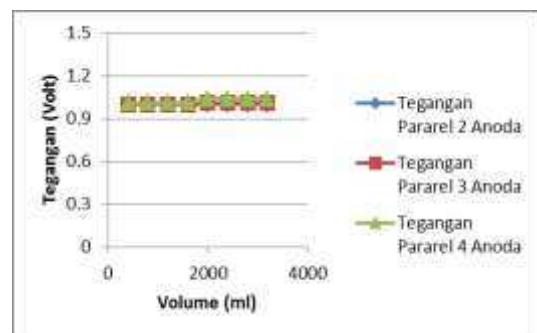
Gambar 6 Hubungan Antara Volume Air dan Tegangan pada Rangkaian Seri Timbal

Pada gambar 6 pengaruh volume air laut terhadap tegangan tidak berpengaruh. Dimana grafik terbentuk secara linear. Sedangkan nilai tegangan pada masing-masing percobaan seri 2, 3, dan 4 anoda menaiki kenaikan sebesar 1,15-1,3 V



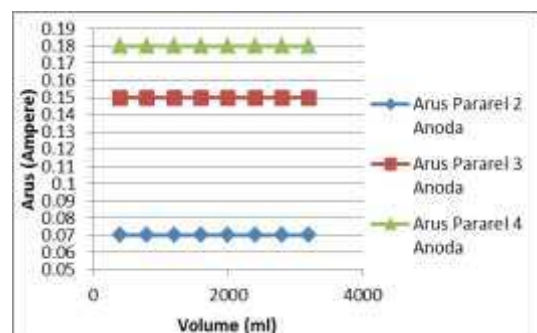
Gambar 7 Hubungan Antara Volume Air dan Arus pada Rangkaian Seri Timbal

Pada gambar 7 pengaruh volume air laut terhadap Arus tidak berpengaruh. Dimana grafik berbentuk linear, dimana ketika volume air ditambahkan maka nilai arus tidak akan berubah.. Sedangkan nilai arus pada masing-masing percobaan seri 2, 3, dan 4 anoda tidak mengalami kenaikan berdasarkan dari hukum kirchoff. Dimana arus tidak akan mengalami kenaikan pada suatu rangkaian seri.



Gambar 8 Hubungan Antara Volume Air dan Tegangan pada Rangkaian Paralel Timbal

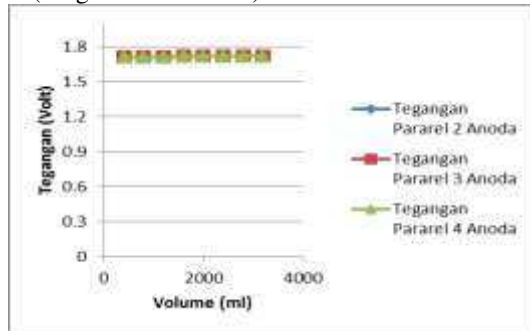
Pada gambar 8 pengaruh volume air laut terhadap tegangan tidak berpengaruh. Dimana grafik terbentuk secara linear. Sedangkan nilai tegangan pada masing-masing percobaan Paralel 2, 3, dan 4 tidak mengalami kenaikan seperti hukum kirchoff.



Gambar 9 Hubungan Antara Volume Air dan Arus pada Rangkaian Paralel Timbal

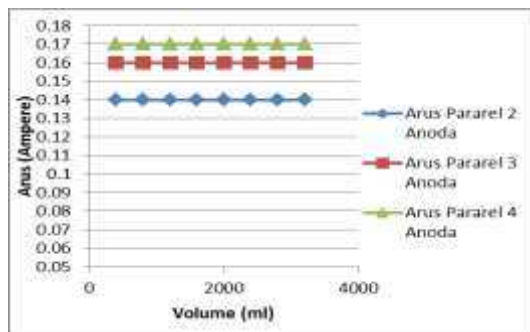
Pada gambar 9 pengaruh volume air laut terhadap Arus tidak berpengaruh. Dimana grafik berbentuk linear. Sedangkan nilai arus pada masing-masing percobaan paralel 2, 3, dan 4 anoda mengalami kenaikan berdasarkan dari hukum kirchoff. Dimana kenaikan terjadi sekitar 0,02-0,04 A

- Mg-C (Magnesium-Carbon)



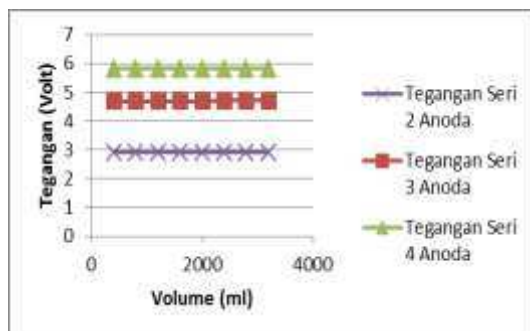
Gambar 10 Hubungan Antara Volume Air dan Tegangan pada Rangkaian Paralel Carbon

Pada gambar 10 pengaruh volume air laut terhadap tegangan tidak berpengaruh. Dimana grafik terbentuk secara linear. Sedangkan nilai tegangan pada masing-masing percobaan seri 2, 3, dan 4 anoda menaiki kenaikan sebesar 1,15-1,3 V



Gambar 11 Hubungan Antara Volume Air dan Arus pada Rangkaian Seri Carbon

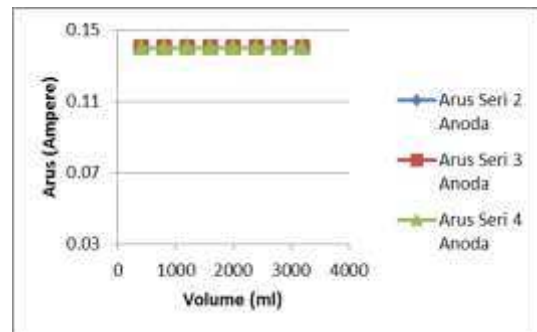
Pada gambar 11 pengaruh volume air laut terhadap Arus tidak berpengaruh. Dimana grafik berbentuk linear, dimana ketika volume air ditambahkan maka nilai arus tidak akan berubah.. Sedangkan nilai arus pada masing-masing percobaan seri 2, 3, dan 4 anoda tidak mengalami kenaikan berdasarkan dari hukum kirchoff. Dimana arus tidak akan mengalami kenaikan pada suatu rangkaian seri.



Gambar 12 Hubungan Antara Volume Air dan Tegangan pada Rangkaian Seri Carbon

Pada gambar 12 pengaruh volume air laut terhadap tegangan tidak berpengaruh. Dimana grafik terbentuk secara linear. Sedangkan nilai tegangan pada masing-masing percobaan

Paralel 2, 3, dan 4 tidak mengalami kenaikan seperti hukum kirchoff. Dimana pada rangkaian paralel tidak akan terjadi kenaikan tegangan.



Gambar 13 Hubungan Antara Volume Air dan Arus pada Rangkaian Seri Carbon

Pada grafik diatas pengaruh volume air laut terhadap Arus tidak berpengaruh. Dimana grafik berbentuk linear. Sedangkan nilai arus pada masing-masing percobaan paralel 2, 3, dan 4 anoda mengalami kenaikan berdasarkan dari hukum kirchoff. Dimana kenaikan terjadi akibat bertambahnya jumlah sumber yang diparalelkan.

### B. Penyebab Perbedaan Nilai Tegangan Tiap Katoda yang Berbeda

Perbedaan nilai tegangan tiap katoda diakibatkan oleh nilai E sel yang tercipta berbeda. E sel merupakan E hasil dari reaksi antara Ekatoda dan Eanoda. Dimana biasanya dirumuskan dengan rumus

$$E_{\text{sel}} = E_{\text{katoda}} - E_{\text{anoda}}$$

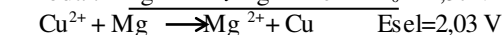
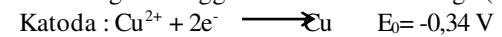
Nilai E tiap-tiap unsur akan memiliki nilai masing-masing berdasarkan sifat bawaan yang dimiliki. Hal ini berdasarkan pada hukum Redoks dalam elektrokimia.

Berikut nilai E tiap-tiap unsur yang digunakan saat penelitian.

$E_0 \text{ Cu} = -0,34 \text{ V}$  (Tembaga),  $E_0 \text{ Mg} = -2,37 \text{ V}$  (Magnesium),  $E_0 \text{ Pb} = -0,14 \text{ V}$  (Timbal),  $E_0 \text{ C} = -0,08 \text{ V}$  (Carbon).

Maka untuk menentukan nilai E sel yaitu :

- Dengan menggunakan katoda tembaga (Cu) :



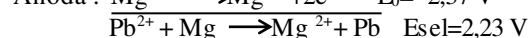
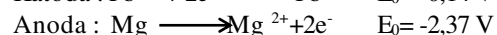
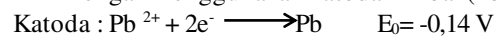
Dimana berdasarkan hukum redoks,

$$E_{\text{sel}} = E_{\text{katoda}} - E_{\text{anoda}}$$

$$= -0,14 - (-2,37)$$

$$= 2,03 \text{ V}$$

- Dengan menggunakan katoda Timbal (Pb) :



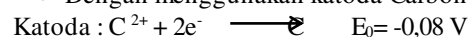
Dimana berdasarkan hukum redoks,

$$E_{\text{sel}} = E_{\text{katoda}} - E_{\text{anoda}}$$

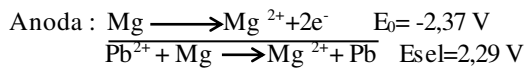
$$= -0,14 - (-2,37)$$

$$= 2,23 \text{ V}$$

- Dengan menggunakan katoda Carbon (C) :







Dimana berdasarkan hukum redoks,  
 Esel  
 = Ekatoda – Eanoda  
 =  $-0,08 - (-2,37)$   
 =  $2,29 \text{ V}$

Sehingga carbonlah yang akan menghasilkan tegangan terbesar diantara katoda lain yang digunakan. Hal tersebut terbukti pada penelitian dimana nilai terbesar adalah  $1,9 \text{ V}$

Tabel 1 Perbandingan tegangan antara perhitungan dan praktikum

Anoda	Teg. (Perhitungan)	Teg. (Praktikum)	Efisiensi
Cu-Tembaga (50 lilitan)	2.03	1.43	70.44 %
Cu-Tembaga (150 lilitan)	2.03	1.49	73.40 %
Cu-Tembaga (200 lilitan)	2.03	1.52	74.88 %
Cu-Tembaga (250 lilitan)	2.03	1.56	76.85 %
Cu-Tembaga (250 lilitan)	2.03	1.62	79.80 %
Cu-Tembaga (Copper)	2.03	1.69	83.25 %
Pb-Timbal	2.23	1.07	47.98 %
C-Carbon	2.29	1.92	83.84 %

Dimana Perhitungan efisiensi = tegangan (praktikum)/tegangan (perhitungan) x 100% (1)

Contoh :  $1,43/2,03 \times 100\% = 70,44\%$

### C. Perencanaan Prototype

Dalam pengaplikasian untuk *prototype* ini, diaplikasikan di kapal nelayan 60 GT dimana hanya menyuplai *navigation deck*.

Berikut data kebutuhan listrik kapal pada *navigation deck*.

Tabel 2 Data kebutuhan listrik pada kapal

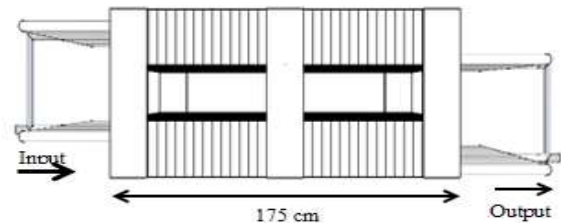
KAPAL LATIH PANGKAH 60 GT ELECTRIC POWER BALANCE CALCULATION DC									
No	Apparatus	Jml	Load		Demand faktor % consumption power (watt)				
			Inp (w)	Out (W)	Berlabuh Con (W)	Inte r (W)	Berlayar Con (W)	Inte r (W)	
1	Gen. Light Lamp	6	14	14		84		84	
2	Emergency Nav. Light								
3	Stern light	1	100	100		100		100	
4	Mast light	2	25	25		50		50	
5	Side light	2	25	25		50		50	

6	Anch. light	1	25	25	25	25
Total			309	200	109	

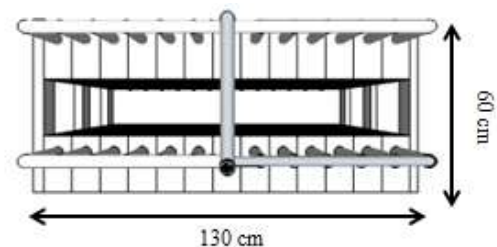
Untuk *cover lighting* di *navigation deck* selama 11 jam memerlukan sebanyak 69 blok *cell* yang diparalelkan, dimana setiap blok *cell* terdiri dari 13 *cell* yang diseriikan serta mengkonsumsi daya sebesar 3408,6 Wh.

Dimensi *prototype* untuk yang direncanakan adalah sebesar  $130 \text{ cm} \times 175 \text{ cm} \times 20 \text{ cm}$

Berdasarkan hasil diatas maka didesain *prototype* sedemikian rupa hingga memiliki bentuk dan ukuran yang pas.



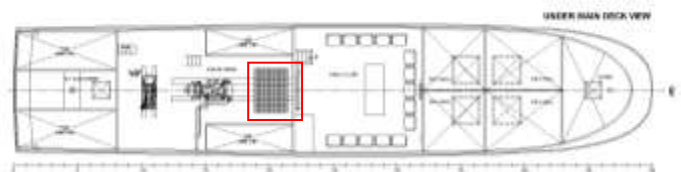
Gambar 14 Dimensi Prototype Pandangan Samping



Gambar 15 Dimensi Prototype Pandangan Samping

### D. Aplikasi Pada Kapal

Pada kapal *prototype* diletakkan pada *engine room*

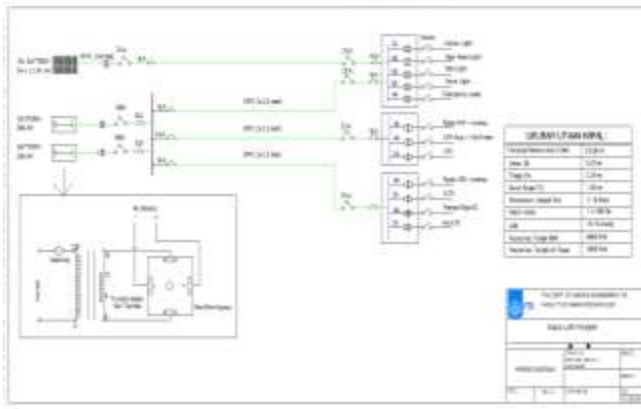


Gambar 16 Peletakan Prototype Pandangan Atas

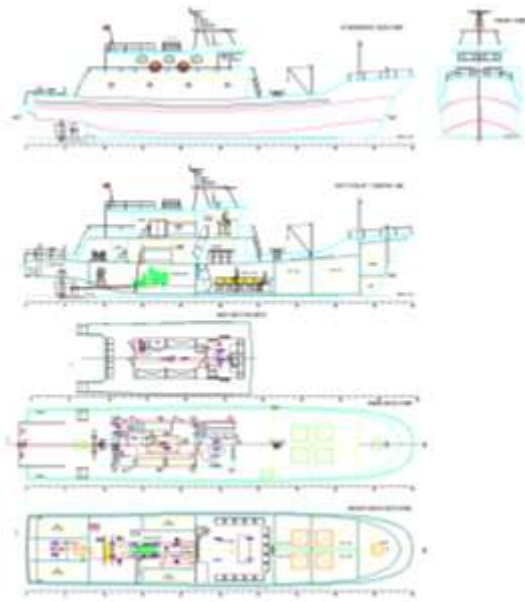


Gambar 17 Peletakan Prototype Pandangan Samping

Selain peletakan pada kapal juga dirancang bagaimana mengenai perencanaan wiring pada kapal. Berikut wiring yang dirangkai



Gambar 18 Wiring Diagram



Gambar 19 Wiring Diagram

#### IV. KESIMPULAN

Untuk mengcover lighting di navigation deck selama 11 jam memerlukan sebanyak 69 blok cell yang dipararelkan, dimana setiap blok cell terdiri dari 13 cell yang diserikan serta mengkonsumsi daya sebesar 3408,6 Wh. Dimensi prototype untuk yang direncanakan adalah sebesar 130 cm x 175 cm x 20 cm. Berat prototype ditambah air laut adalah 690,69 Kg.

Pada percobaan lampu (beban) akan menyala hanya dengan menggunakan katoda timbal dan Karbon. Namun katoda terbaik adalah dengan menggunakan karbon, dimana memiliki nilai tegangan 1,92 V dan arus sebesar 2A dengan menggunakan hambatan dalam, serta efisiensi sebesar 83,84 %.

Volume air laut tidak berpengaruh terhadap besarnya teganga dan arus, hal tersebut bisa dilihat pada hasil praktikum contoh pada mg-carbon dimana tegangan dan arus bernilai konstan sebesar 1,9 v dan 2A.

#### PUSTAKA

- [1] Kaisheva, Anastassia. 2005. *Metal-Air Batteries: Research, Development, Application*. Proceedings of the International Workshop "Portable and Emergency Energy Sources – from Materials to Systems" 16 – 22 Sept. 2005, Primorsko, Bulgaria
- [2] Messina, John. 2010. *Magnesium Alternative Power Source*. <http://phys.org/news/2010-04-magnesium-alternative-power-source.html> (diakses tanggal 06-10-2015)
- [3] Tadashi, Ishikawa. 2015. *Aqua Power Systems Inc. Signs Agreement to Purchase Magnesium Air Fuel Cell Company Aqua Power System Japan*. <http://aquapowersystems.com/aqua-power-systems-signs-agreement-purchase-magnesium-air-fuel-cell-company-aqua-power-system-japan/> (diakses tanggal 06-10-2015)
- [4] Zhang, Tianran, dkk. 2014. *Magnesium-air batteries: from principle to application*. [http://www.researchgate.net/publication/271382570\\_Magnesium-air\\_batteries\\_From\\_principle\\_to\\_application](http://www.researchgate.net/publication/271382570_Magnesium-air_batteries_From_principle_to_application) (diakses tanggal 13-10-2015)

#### E. Analisa Ekonomi



Gambar 20 Perbandingan biaya Mg battery dan battery

Berdasarkan gambar 19 dapat diketahui bahwa pada bulan ke 15 penggunaan battery magnesium akan menyamai biaya dari penggunaan battery biasa yang harus mengisi ulang batterynya. Untuk itu mulai bulan ke-16 penggunaan Mg battery akan mengalami keuntungan. Dimana keuntungan total yang dimiliki adalah sebesar Rp3,775,000.00 selama 2 tahun